

Wet remediation of IBA by *wASH* in Alkmaar

Jan-Peter Born, Bart Gerbrands and Arjan Kok

The trade association *Vereniging Afvalbedrijven* (Dutch Waste Management Association) concluded a Green Deal on March 7, 2012 with the Dutch National Government regarding quality improvement of incinerator bottom ash (IBA). At the time of signing the Green Deal, all IBA was classified into the Dutch IBC class of building materials (IBC = Isolate, Control, Inspect). In practice this means that IBA can be used in civil works, provided it is then covered with a waterproof top seal. The Dutch government is also the largest customer of IBA for highways and viaducts and wants to get rid of this exception category of IBA. With this Green Deal it has been agreed that the producers of IBA, including HVC, improve the environmental quality of AEC bottom ash in such a way that in 2017 at least 50 % and by 2020, 100 %, will be used as freely applicable building material, in other words, without top seal.

HVC and Boskalis Environmental therefore signed a Cooperation Agreement on May 31, 2012 regarding the large-scale cleaning (research and development trajectory) of IBA into a freely applicable Building Material. The collaboration is a follow-up to earlier tests (carried out in 2011) with the wet cleaning of IBA using techniques that have been successfully applied for years (on soil).

HVC, a public waste processor with all shares in the hands of 46 municipalities and six district water boards, has two waste-to-energy plants, one in Alkmaar and one in Dordrecht. Together, these two plants produce almost a quarter of a million tons of crude bottom ash.

Boskalis Environmental, a wholly-owned subsidiary of Boskalis Westminster, an international and listed company, is active in wet soil remediation and has adapted this technology to IBA. The most important differences between bottom ash and soil are salinity, grain distribution and metal content.

The cooperation initially involved (from 2010) laboratory work and processing on a semi-practical scale, but during the calendar years 2013 and 2014 a large-scale research and development process was completed. This development process was then extended by one year until 2015. A total of approximately 100,000 tons of AEC bottom ash was cleaned during those years, in a modified soil cleaning installation (located next to the HVC site in Alkmaar). The nominal capacity of this installation (80 tons per hour) was comparable with the capacity of the then classic IBA reprocessing in Alkmaar.

In the end, both parties signed a long-term cooperation agreement at the end of 2015 aimed at the realization and operation of a bottom ash washing installation in Alkmaar. The capacity of this installation is 320,000 tons per year.

This full-scale installation was put into operation in mid-2016 and has been running satisfactorily for almost three years. More than half a million tons of bottom ash has been washed and, for the most part, has been disposed of as freely applicable building material in the Dutch Civil Engineering Sector.

Erfahrungen mit dem Waschverfahren für HMV-Schlacke in Alkmaar

Jan-Peter Born, Bart Gerbrands und Arjan Kok

1.	Hintergrund (Green Deal).....	138
2.	Politischer Rahmen.....	140
3.	Umwelt-/Nachhaltigkeitsvorteile des Waschprozesses	141
4.	Entwicklungsprozess.....	142
5.	Umbau der Schlackeaufbereitung	142
6.	Umwelttechnische Qualität.....	143
7.	Massenbilanz	144
8.	Wasserbilanz	145
9.	Fazit.....	146

Der Branchenverband *Vereniging Afvalbedrijven* [Niederländischer Abfallwirtschaftsverband] hat am 7. März 2012 ein Green Deal mit dem niederländischen Staat in Bezug auf die Qualitätsverbesserung von HMV-Schlacke geschlossen. Zum Zeitpunkt der Unterzeichnung des Green Deal fiel die gesamte HMV-Schlacke in die sogenannte niederländische IBC-Kategorie von Baustoffen (IBC = Isolieren, Beherrschen, Controlieren = Isolieren, Beherrschen, Kontrollieren). In der Praxis bedeutet dies, dass Schlacke bei Bauarbeiten verwendet werden darf, vorausgesetzt, dass sie anschließend mit einer wasserfesten Oberflächenabdichtung abgedeckt wird. Der niederländische Staat ist außerdem der größte Abnehmer von Schlacke für Autobahnen und Viadukte und möchte von dieser Ausnahmekategorie von HMV-Schlacke wegkommen. Mit diesem Green Deal wurde vereinbart, dass die Produzenten von HMV-Schlacke, darunter HVC, die Umweltqualität von HMV-Schlacke dahingehend verbessern, dass diese bereits 2017 zu 50 % und 2020 zu 100 % als frei anwendbarer Baustoff verwendet wird und somit ohne Oberflächenabdichtung.

HVC und Boskalis Environmental haben deshalb am 31. Mai 2012 eine Kooperationsvereinbarung in Bezug auf die groß angelegte Reinigung von HMV-Schlacke zu einem frei anwendbaren Baustoff unterzeichnet. Die Zusammenarbeit ist eine Fortsetzung früherer Versuche (ausgeführt 2011) mit der nassen Reinigung von HMV-Schlacke anhand von Techniken, die bereits seit Jahren erfolgreich eingesetzt werden (für Böden).

HVC, eine öffentliche Abfallaufbereitungsanlage, deren gesamten Anteile sich in den Händen von 46 Gemeinden und sechs Wasserbehörden befinden, verfügt über zwei Abfallenergiezentralen (HVMs), von denen sich eine in Alkmaar und die andere in Dordrecht befindet. Zusammen produzieren diese zwei Anlagen fast eine Viertelmillion Tonnen rohe HMV-Schlacke.

Boskalis Environmental, eine hundertprozentige Tochter des internationalen, börsennotierten Unternehmens Boskalis Westminster, ist aktiv im Bereich nasse Grundreinigung und hat diese Technologie auf HMV-Schlacke angepasst. Die wichtigsten Unterschiede zwischen Schlacke und Erde sind der Salzgehalt, die Kornverteilung und der Metallgehalt.

Die Zusammenarbeit betraf in erster Instanz (ab 2010) Laborarbeiten sowie die Verarbeitung im halbertechnischen Maßstab, aber während der Kalenderjahre 2013 und 2014 wurde ein groß angelegter Untersuchungs- und Entwicklungsprozess durchlaufen. Dieser Entwicklungsprozess wurde anschließend um ein Jahr bis 2015 verlängert. Insgesamt wurden in diesen Jahren etwa 100.000 Tonnen HMV-Schlacke in einer modifizierten Grundreinigungsanlage (liegt neben dem HVC-Gelände in Alkmaar) gereinigt. Die Nennkapazität dieser Anlage (80 Tonnen pro Stunde) war mit der Kapazität der damaligen klassischen Schlackenaufbereitung in Alkmaar vergleichbar.

Schließlich haben beide Parteien Ende 2015 eine langjährige Kooperationsvereinbarung unterzeichnet, die auf die Realisierung und Bewirtschaftung einer Schlacke-Waschanlage in Alkmaar ausgerichtet ist. Die Kapazität dieser Anlage beträgt 320.000 Tonnen pro Jahr.

Diese Großanlage wurde Mitte 2016 in Betrieb genommen und läuft inzwischen fast drei Jahre zur Zufriedenheit. Mehr als eine halbe Million Tonnen Schlacke wurde gewaschen und größtenteils als frei anwendbarer Baustoff im niederländischen Boden-, Straßen- und Wasserbausektor vertrieben.

1. Hintergrund (Green Deal)

In den niederländischen Hausmüllverbrennungsanlagen (HMVAs) werden jährlich etwa acht Millionen Tonnen Abfall verbrannt. Dabei entstehen etwa zwei Millionen Tonnen von nicht brennbarem Restprodukt: HMV-Schlacke. Diese HMV-Schlacke wird und wurde traditionell im Bereich Boden-, Straßen- und Wasserbau als Aufschüttungs- und Gründungsmaterial vertrieben.

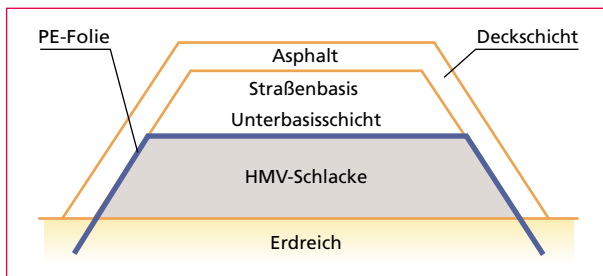


Bild 1:

Schematischer Querschnitt einer IBC-Anwendung von HMV-Schlacken

Aufgrund der umwelthygienischen Qualität – Auslaugung von Schwermetallen – geschieht dies unter IBC-Bedingungen (Isolieren, Beherrschen und Kontrollieren). Das Deponieren von HMV-Schlacke ist in den Niederlanden verboten. Die HMVA ist somit verpflichtet, für dieses Material eine sinnvolle Anwendung innerhalb der Baustoffen gesetzten Grenzen zu finden (Beschluss Bodenqualität).

Aufgrund der möglichen Auswirkungen auf die Umwelt (Verantwortung Ministerie Infrastructuur en Water) und der Umsetzungsprobleme im Straßenbau (Abteilung Rijkswaterstaat desselben Ministeriums) wurde im März 2012 eine Vereinbarung (Green Deal) zwischen dem niederländischen Abfallwirtschaftsverband und dem Ministerie van Infrastructuur en Water (= Infrastruktur- und Umweltministerium) unterzeichnet.

Die zentrale Vereinbarung aus dem Green Deal wurde wie folgt formuliert:

Die HMVAs verpflichten sich, die Qualität des zu verwendenden Produkts so zu verbessern, dass spätestens bis zum 1. Januar 2017 mindestens 50 Prozent der HMV-Schlacke außerhalb der heutigen IBC-Anwendungen sinnvoll eingesetzt werden und setzen es sich des Weiteren zum Ziel, 2020 keine HMV-Schlacke mehr als IBC-Baustoff zu verwenden.

Der Green Deal verfolgt ein zweites Ziel in Bezug auf die Rückgewinnung von Nichteisenmetallen. Diese Zielsetzung teilt sich in eine Ergebnis- und eine Aufwandsverpflichtung auf:

Die HMVAs verpflichten sich zudem, den Prozentsatz abgeschiedener Nichteisenmetalle aus HMV-Schlacke aus der Fraktion > 6 mm spätestens zum 1. Januar 2017 auf mindestens 75 Prozent zu erhöhen.

Neben den oben beschriebenen Hauptvereinbarungen umfasst der Green Deal eine Reihe von Vereinbarungen zu relevanten Rahmenbedingungen:

Aufhebung des Deponieverbots für Reststoffe der Schlackeaufbereitung

Der Staat setzt sich für ein wirksames System ein, das die Aufhebung des Deponieverbots für Reststoffe zulässt, die im Rahmen von Qualitätsverbesserungsprozessen für HMV-Schlacke freigesetzt werden, wodurch regionale Unterschiede so weit wie möglich vermieden werden.

Beim Reinigen (zum Beispiel: Waschen) von HMV-Schlacke wird nämlich ein Reststoffstrom freigesetzt, der deponiert werden muss. Darum wurde mit dem Staat vereinbart, dass für die Reststoffe der Reinigung eine Befreiung vom Deponieverbot gilt, das normalerweise auf HMV-Schlacke Anwendung findet. Der deponierte Reststoffstrom beträgt, gemessen als Trockenstoff, maximal 15 % der Speisung der Aufbereitungsanlage – und gehört damit nicht zu den 50 %, die spätestens am 1. Januar 2017 außerhalb der IBC-Kategorie verwendet werden müssen.

Die Konsequenz der Reinigung der HMV-Schlacke in den Niederlanden ist somit, dass potenziell maximal 600.000 Tonnen Reststoffe der Schlacke Aufbereitung pro Jahr deponiert werden: 15 % Trockenmasse von 2 Millionen Tonnen Schlacke, die als Schlacke mit etwa 50 % Wasser abgeschieden werden.

2. Politischer Rahmen

Aufgrund der Auslaugung von Schwermetallen und Salzen aus HMV-Schlacke und der niederländischen Rechtsvorschriften in Bezug auf Baustoffe kann diese nicht als frei anwendbarer (nicht-geformter) Baustoff verwendet werden. Politisch fällt die HMV-Schlacke gemäß dem Beschluss Bodenqualität (Bbk) in die Kategorie *IBC-Baustoff*. Das bedeutet, dass dieser Baustoff ausschließlich in großen Bauvorhaben, mindestens einen halben Meter über dem durchschnittlichen Grundwasserhöchststand und mit einer Oberflächen- und Seitenabdichtung – Folie oder Sand-Beton – verwendet werden darf. Darüber hinaus ist eine zeitlich unbegrenzte Nachsorge – Überwachung der möglichen Auslaugung – erforderlich, und das Baumaterial muss bei einem eventuellen Abriss des Bauwerks (Bodenkörper) zurückgenommen werden. Die umwelthygienische Qualität der HMV-Schlacke muss vor dem Einsatz gemäß den Anforderungen des Bbk geprüft und nachgewiesen worden sein.

Baulich muss die Qualität der *HMV-Schlacke für die ungebundene Anwendung auf oder im Boden oder in Erd- und Straßenbauarbeiten*, gemäß der Bewertungsrichtlinie (BRL) 2307 festgelegt sein. Das Deponieren von HMV-Schlacke ist gemäß dem Nationalen Abfallplan (Landelijk Afvalplan – LAP) verboten, die sinnvolle Verwendung auf Deponien (z.B. für die Abdeckung oder in Trägerschichten) ist jedoch zulässig.

Tabelle 1: Übersicht über die Normenfestlegung des Beschlusses Bodenqualität und Qualität der heutigen HVC-Schlacke in 2013; Säulentest L/S = 10 (NEN 7343)

Komponente	Mittelwert HVC-Schlacke (2013)	NVG-Norm Baustoff	IBC-Norm Baustoffe
	mg/kg TS		
Arsen (As)	0,05	0,9	2,0
Barium (Ba)	3	22	100
Cadmium (Cd)	0,001	0,04	0,06
Kobalt (Co)	0,03	0,54	2,40
Chrom (Cr)	0,05	0,63	7,00
Kupfer (Cu)	3,7	0,9	10,0
Quecksilber (Hg)	0,0004	0,02	0,08
Molybdän (Mo)	0,77	1,0	15,0
Nickel (Ni)	0,05	0,44	2,10
Blei (Pb)	0,14	2,30	8,30
Antimon (Sb)	0,13	0,32	0,70
Selen (Se)	0,007	0,15	3,00
Zinn (Sn)	0,02	0,40	2,30
Vanadium (V)	0,1	1,80	20,00
Zink (Zn)	0,2	4,50	14,00
Bromid (Br)	14	20	34
Chlorid (Cl)	4.600	616	8.800
Fluorid (F)	2,7	55	1.500
Sulfat (SO ₄)	1.600	2.430	20.000

Der formale Mindeststandard für die Be- und Verarbeitung von HMV-Schlacke ist nach diesem LAP eine sinnvolle Anwendung in Form von Materialwiederverwendung im Boden-, Straßen- und Wasserbau.

Dies bedeutet, dass das Deponieren von Schlacke in den Niederlanden nicht gewünscht ist und in Form eines Deponieverbots formell auch verboten ist. Im Rahmen des Green Deal wurde vereinbart, dass das Deponieverbot, wie es im Beschluss vom 8. Dezember 1997 über das Deponieverbot von Abfällen für HMV-Schlacke festgelegt ist, nicht für Rückstände aus der Nassaufbereitung von HMV-Schlacke gilt. Die Masse des Reststoffstroms, die wohl abgeladen werden darf, wurde auf 15 % Trockenmasse maximiert.

Per 1. April 2014 wurde im Rahmen des Umweltabgabegesetzes für Abfallstoffe (Wbm) eine Abgabe auf den Reststoff aus der Reinigung von HMV-Schlacke eingeführt. Diese Abgabe betrug 17,85 EUR pro Tonne und wurde am 1. Januar 2019 auf 32,12 EUR pro Tonne erhöht. Diese Steuer wird auf die Schlacke aus der Reinigung der zu deponierenden Schlacke erhoben und hat daher erhebliche Auswirkungen auf den Business Case der Reinigung von Schlacke.

3. Umwelt-/Nachhaltigkeitsvorteile des Waschprozesses

Das vorrangige Ziel besteht darin, ein frei anwendbares Aufschütt- und/oder Gründungsmaterial aus gewaschener HMV-Schlacke zu gewinnen. Diese Anwendungen haben sich auf dem Markt etabliert und das Aufnahmevermögen dieser Anwendung ist groß genug, um die gesamte gewaschene Schlacke aufzunehmen, ohne den Markt zu stören.

Die Umwelt- und Nachhaltigkeitsvorteile des Konzepts der Nassreinigung – im Vergleich zur bestehenden Verarbeitung als IBC-Baustoff gemäß dem Mindestverarbeitungsstandard aus LAP – sind:

- Verwendung als Aufschüttungs-/Gründungsmaterial im Straßenbau ohne Einschränkungen und für die unendliche Wiederverwendung geeignet,
- hochwertige Wiederverwendung der Granulate aus HMV-Schlacke wie Sand- und Kiesersatz in Beton und Asphalt,
- keine zeitlich unbegrenzte Nachsorge (wie diese bei IBC-Arbeiten der Fall ist),
- Einsparung von hochwertigen, primären Baustoffen (Kies, Schotter aus Steinbrüchen),
- bessere Rückgewinnung (höhere Abtragseffizienz) von Nichteisenmetallen (hauptsächlich Aluminium), was eine enorme CO₂-Produktion einspart (Aluminiumerzaufbereitung kostet sehr viel Strom) und
- Einsparung von Folienmaterial durch Weglassen der Folienkonstruktion, die normalerweise für IBC-Baustoffe erforderlich ist.

Die Effizienz in Bezug auf die Entfernung der auswaschbaren, verunreinigenden Umweltkomponenten liegt im Durchschnitt zwischen 65 und 90 % – vergleichbar mit der Nassreinigung von kontaminiertem Boden –, mit Ausnahme von zwei Komponenten.

Dies betrifft Kupfer und Antimon. Diese Komponenten unterscheiden sich von den normalen Verunreinigungen. Kupfer wird zu einem wesentlich höheren Prozentsatz (> 90 %) entfernt, während der Entfernungsprozentsatz für Antimon relativ niedrig ist (< 20 %).

4. Entwicklungsprozess

Im Jahr 2010 wurde eine Pilotstudie durchgeführt, in der im halbtechnischem Maßstab untersucht wurde, ob aus HMV-Schlacke Zuschläge von umwelthygienischer und technischer Qualität hergestellt werden konnten. In diesem Pilotversuch wurden insgesamt 3.200 Tonnen Schlacke verarbeitet, wobei hochwertige Asphalt- und Betonzuschläge hergestellt wurden. Diese Versuche wurden mit einer verfügbaren Bodenreinigungsanlage durchgeführt.

Nach diesem erfolgreichen Versuch haben beide Parteien am 31. Mai 2012 eine Kooperationsvereinbarung in Bezug auf die groß angelegte Reinigung (Untersuchungs- und Entwicklungsprozess) von HMV-Schlacke zu einem frei anwendbaren Baustoff unterzeichnet.

Die Zusammenarbeit betraf in erster Linie die Kalenderjahre 2013 und 2014, für die ein Untersuchungs- und Entwicklungsprozess festgelegt wurde. Dieser Entwicklungsprozess wurde anschließend um ein Jahr bis 2015 verlängert. Insgesamt wurden in diesen Jahren etwa 100.000 Tonnen HMV-Schlacke in einer modifizierten Grundreinigungsanlage – liegt neben dem HVC-Gelände in Alkmaar – gereinigt. Die Nennkapazität dieser Anlage (80 Tonnen pro Stunde) war mit der Kapazität der damaligen klassischen Schlackeaufbereitung von HVC vergleichbar.

Schließlich haben HVC und BKE Ende 2015 eine langjährige Kooperationsvereinbarung unterzeichnet, die auf die Realisierung und Bewirtschaftung einer Schlacke-Waschanlage in Alkmaar ausgerichtet ist. Die Kapazität dieser Anlage beträgt 320.000 Tonnen pro Jahr.

Diese Großanlage wurde Mitte 2016 in Betrieb genommen und läuft inzwischen fast drei Jahre zur Zufriedenheit. Mehr als eine halbe Million Tonne HMV-Schlacke wurde gewaschen und größtenteils als frei anwendbarer Baustoff im niederländischen Straßenbau vertrieben.

Das Waschen unterscheidet sich von anderen Optimierungen der Verarbeitung von HMV-Schlacke dahingehend, dass die gesamte HMV-Schlacke vollständig gereinigt wird und sich (vor allem) auf die Herstellung von frei verwendbarem, nicht geformtem (NVG)-Baustoff im Boden-, Straßen- und Wasserbausektor konzentriert (Aufschüttmaterial von Straßengräben usw.). Durch diesen Ansatz wird eine viel größere Sicherheit erreicht, dass die Produkte nach dem Waschen auch tatsächlich in großem Umfang im Markt vertreiben zu können.

5. Umbau der Schlackeaufbereitung

Der Umbau der bestehenden Schlackeaufbereitung ist zweiteilig. Zunächst wurde in die klassische trockene Aufbereitung ein nasses Trommelsieb eingebaut. Dieses Sieb scheidet den Sand und die Schlackefraktion von der gröberen (> 3 bis 4 mm)

Granulatfraktion ab. Diese Granulatfraktion durchläuft danach die gleiche klassische trockene eisenfreie Abscheidung wie früher. So wird das Granulat grob und fein gesiebt und über parallele Doppelwirbelstromabscheider geleitet.

	trocken	nass
	%	
Roh-HMV-Schlackeeintrag	100,0	100,0
HMV-Schlackeertrag	89,4	77,2
Schlamm deponiert (Trockenbasis)		9,4
unverbranntes Material	0,8	1,5
Eisenschrott	6,3	6,7
sperriger (Eisen-) Schrott	0,4	0,4
NE-Konzentrat aus Granulat	2,6	3,3
Edelstahl & 25+ NE-Konzentrat	0,5	1,1
schwere NE-Metalle aus Sand		0,3
Gesamtertrag Metalle	9,8	11,85

Tabelle 2:

Auswirkungen der Umschaltung von trocken nach nass

Der Ertrag an Nichteisenmetallen ist jetzt jedoch viel höher als zuvor, da die Metallpartikel durch den Waschschrift von anhaftendem Staub und Sand befreit wurden. Außerdem wird das Granulat besser entwässert, ohne dass Schlacke vorhanden ist, was die Effizienz der Wirbelstromabscheider erhöht.

Neben dieser umgebauten Schlackeaufbereitung wurde auch eine komplette Waschanlage – faktisch eine modifizierte Bodenreinigungsanlage – realisiert. Hier wird zunächst der Schlamm (< 63 µm) vom Sand getrennt. Der Schlamm wird nach der Entwässerung deponiert, und der Sand wird mit frischem Wasser nachgespült. Es wird auch eine Dichtentrennung des Sandes durchgeführt, um schwere (metallische) Metalle zu trennen und zu vermarkten.

Das Granulat, das in der alten Schlackeaufbereitung aus Metallen entstanden ist, wird auch mit Frischwasser nachgespült. Danach werden Sand und Granulat wieder zusammengesetzt, um ein Aufschüttmaterial mit einer Kornverteilung von 63 µm bis 20 mm zu erhalten. Dieses Material hat im Straßenbau in der Praxis hervorragende Verarbeitungseigenschaften. Das liegt an dem fehlenden Schlamm, wodurch die abfließende Wirkung gegenüber klassischer – trocken aufbereiteter – Schlacke überragend ist. Auch die Verarbeitung und Komprimierung während starker Regenfälle ist kein Problem mehr.

6. Umwelttechnische Qualität

Aus den Ergebnissen ging hervor, dass die Entfernung der Verunreinigungen aus der HMV-Schlacke mittels nasser Reinigung eine sinnvolle Anwendung ist. Es gibt eine Komponente, Antimon, deren Auslaugung durch die Nassreinigung nicht verringert wird. Zwar wird ein Teil des Antimons mit der Schlacke entfernt, aber der verbleibende Teil wäscht sich immer noch leicht aus. Die Norm für frei anwendbare Baustoffe wird

jedoch gerade erfüllt. Für alle anderen Komponenten gilt, dass diese die Anforderungen mehr als erfüllen. Für zwei andere kritische Komponenten (SO_4 , Cl) ist die Entfernung ausreichend, jedoch musste der Prozess weiter optimiert werden, um eine betriebs-sichere Entfernung gewährleisten zu können.

Tabelle 3: Auslaugung anorganischer Bestandteile aus Schlacke vor und nach dem Waschen

Kontamination	IBC versus NVG	trockene HMV-Schlacke versus NVG	Beaumix versus NVG
	%		
Antimon (Sb)	219	53	94
Arsen (As)	222	13	22
Barium (Ba)	455	13	3
Cadmium (Cd)	150	10	18
Chrom (Cr)	1.111	12	16
Kobalt (Co)	444	9	13
Kupfer (Cu)	1.111	467	57
Quecksilber (Hg)	400	20	25
Blei (Pb)	361	29	13
Molybdän (Mo)	1.500	104	70
Nickel (Ni)	477	27	45
Selen (Se)	2.000	9	6
Zinn (Sn)	575	15	5
Vanadium (V)	1.111	9	17
Zink (Zn)	311	13	16
Bromid (Br)	170	69	16
Chlorid (Cl)	1.429	747	97
Fluorid (F)	2.727	6	5
Sulfat (SO_4)	823	76	16

Das erzeugte Granulat wurde auch als Sand- und Kiesersatz für Beton getestet. Die Tests haben ergeben, dass die Qualität der hergestellten Betonzuschläge gut ist, die Dichte des Granulats und des Sandes weit über den Anforderungen liegt und dass das Material alle baulichen Anforderungen erfüllt.

7. Massenbilanz

Eines der auffallendsten Ergebnisse der Implementierung des Waschens ist, dass die bestehende Nichteisen-Rückgewinnungstechnik (Wirbelstromanlagen) einen wesentlich höheren Rückgewinnungsprozentsatz erbracht hat als erwartet. Eine neue Technik – die Dichtentrennung – wurde auch auf die Sandfraktion der gewaschenen HMV-Schlacke angewendet. Dies hat zu einem sehr rentablen Ertrag an schwerem Nichteisenmetall (Kupfer, Silber, Gold) aus Sand (< 4 mm) geführt. Der Metallrückgewinnungsertrag aus der Nassaufbereitung von Schlacke ist in Bild 2 dargestellt.

Diese erhöhte Metallrückgewinnung führt nicht nur zu einer höheren Umwelteffizienz des Waschprozesses, sondern ist auch ein willkommener Beitrag zu den zusätzlichen Kosten, die das Waschen von Schlacke verglichen mit dem alten Trockenverfahren mit sich bringt.

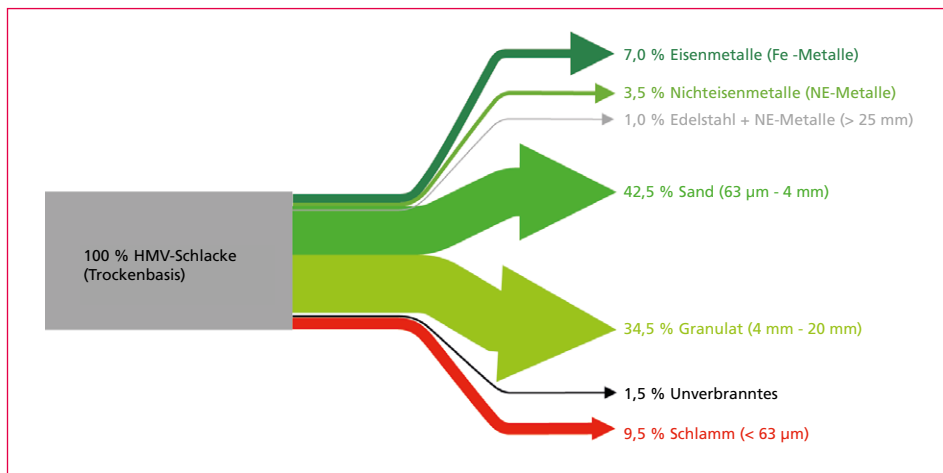


Bild 2: Ertrag an Hauptkomponenten aus dem Waschprozess.

8. Wasserbilanz

Der Waschvorgang besteht aus zwei Wasserzyklen.

Der erste Zyklus betrifft das Benetzen und Nasssieben von HMV-Schlacke mit einem Wasserstrom, der mit allen löslichen Bestandteilen der Schlacke gesättigt ist.

Diese Sättigung ist zum einen notwendig, um im Sedimentationsbecken Niederschläge von Salzen und dergleichen erzielen zu können. Dieser Niederschlag wird als Filterrückstand abgeschieden und schließlich deponiert. Dies gibt uns die Möglichkeit, Schwermetalle und Salze aus dem Prozess abzulassen.

Andererseits bietet diese Sättigung die Möglichkeit, den konzentrierten Schmutzwasserstrom aus der Umkehrosmose (siehe unten) in den Entschlacker der Müllverbrennung abfließen zu lassen. Es ist richtig, dass wir die rohe Schlacke mit verunreinigen, jedoch wird diese anschließend gespült und in einem gesättigten Wasserstrom gesiebt.

Der zweite Zyklus ist eine Nachspülung mit Frischwasser. Hier spülen wir das salzige Porenwasser aus dem Sand und dem Granulat, das aus dem gesättigten Nasssiebschritt stammt. Dadurch entsteht ein Schmutzwasserstrom, der mit einer Umkehrosmoseanlage auf neun Teile sauberes Frischwasser und ein Teil kontaminiertes Abwasser aufbereitet wird. Dieser letzte Strom wird, wie zuvor beschrieben, in den Entschlackern entsorgt.

Diese Funktionsweise führt dazu, dass der Waschprozess vom Wasserverbrauch hier fast neutral bis leicht wasserfordernd ist. Somit ist es möglich, diesen Waschprozess an Orten anzuwenden, an denen das Abfließen lassen von Schmutzwasser nicht möglich ist.

Denn die einzige Wasserhose im Waschprozess ist der nasse Filterrückstand – aus dem Absetzbecken und die nachfolgende Filterpresse –, der schließlich auf eine Deponie gebracht wird.

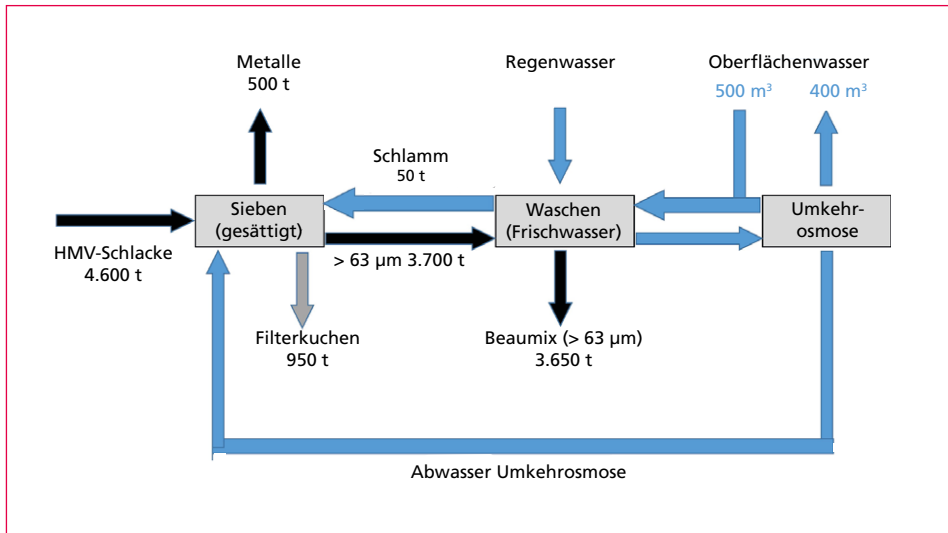


Bild 3: Grobe Massenbilanz des Waschprozesses

9. Fazit

Nach einem Entwicklungsprozess von gut fünf Jahren und anschließender fast dreijähriger intensiver Erfahrung ist das Waschen von HMV-Schlacke eine bewährte Technologie. Mithilfe des Waschprozesses kann die Schlacke mit einer Umweltqualität gereinigt werden, die die freie Verwendung als Baumaterial in den Niederlanden ermöglicht. Dies betrifft dann die ungebundene Anwendung als Ersatz für Sand in Aufschüttungen und Gründungen im Boden-, Straßen- und Wasserbausektor.

Die Technologie hat einen nahezu geschlossenen Wasserkreislauf und kann daher auch an Orten eingesetzt werden, an denen keine Ableitmöglichkeit besteht.

Die von jeher vorhandenen Metallteile in der Schlacke lassen sich in diesem nassen Prozess besser von der Asche abscheiden. Der (finanzielle) Ertrag von Nichteisenmetallen ist daher wesentlich höher als bei der trockenen Aufbereitung von Schlacke.

Das Waschen von Schlacke beinhaltet auch das nasse Absieben von Schlacke (< 63 µm), die anschließend abgelagert wird. Auf Trockenstoffbasis werden damit etwa 10 % der rohen Schlacke als Schlacke deponiert und nicht sinnvoll genutzt.

Mit der Implementierung dieser Technologie ist HVC in der Lage, das niederländische Green Deal-Versprechen zu erfüllen, um die gesamte HMV-Schlacke per 1. Januar 2020 frei anwendbar zu vertreiben.

Ansprechpartner



Dr. Jan-Peter Born

wASH VOF
Geschäftsentwicklung
Jadestraat 1
1812RD Alkmaar, Niederlande
+31 6 22463367
j.born@hvcgroep.nl

Weitere beteiligte Institutionen

Boskalis Environmental B.V., Niederlande

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky,
Thomas Pretz, Dieter Georg Senk, Hermann Wotruba (Hrsg.):

Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 6
– Aschen, Schlacken, Stäube und Baurestmassen –

ISBN 978-3-944310-47-3 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Stephanie Thiel
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2019
Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Dr.-Ing. Olaf Holm,
Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.
Erfassung und Layout: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, Claudia Naumann-Deppe, Sarah Pietsch,
Janin Burbott-Seidel, Ginette Teske, Roland Richter,
Cordula Müller, Gabi Spiegel
Druck: Universal Medien GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.